

## PRODUCTION OF COPPER-CLAD ALUMINUM NITRIDE SUBSTRATE

Publication number: JP10152384

Publication date: 1998-06-09

Inventor: MINO KATSUJI; KAWABATA KEIJI

Applicant: SUMITOMO KINZOKU ELECTRO

Classification:

- International: C04B37/02; C04B41/52; C04B41/88; H01L23/15; H05K1/03; H05K3/00; H05K3/38; C04B37/02; C04B41/45; C04B41/88; H01L23/12; H05K1/03; H05K3/00; H05K3/38; (IPC1-7): C04B41/88; C04B37/02; H01L23/15; H05K1/03; H05K3/00; H05K3/38

- European: C04B41/52

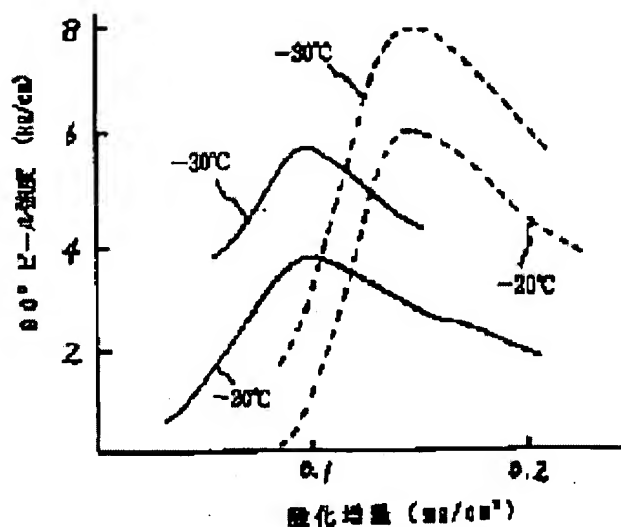
Application number: JP19960310982 19961121

Priority number(s): JP19960310982 19961121

Report a data error here

### Abstract of JP10152384

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To decrease void of interface between an aluminum nitride substrate and a copper plate and remarkably improve joining strength between the substrate and the copper plate by heating the aluminum nitride substrate at a temperature in a specific range in an oxygen- containing gas atmosphere having a dew point which is a specific temperature or below to carry out oxidation treatment of the substrate, bringing the copper plate into contact with the substrate, heating both materials at melting point or below of copper and an eutectic temperature or above of Cu-O to join the copper plate to the substrate. **SOLUTION:** Oxidation treatment of the substrate is carried out at 1100 to 1200 deg.C in an oxygen-containing gas atmosphere whose dew point is -25 deg.C, preferably -40 deg.C to -30 deg.C. When heat oxidation treatment of the substrate is carried out in an oxygen gas-containing atmosphere whose dew point is  $\leq -25$  deg.C, steam amount is small and the surface of the substrate is mainly oxidized with oxygen without being oxidized with steam. As a result, oxidation layer becomes dense and adhesiveness to the copper plate is improved and void ratio of the interface in joining is lowered. When heat oxidation treatments of the substrate are each carried out in air whose dew points are -30 deg.C and -20 deg.C, the peel strength of the substrate oxidized at -30 deg.C dew point is improved by about 2kg/cm



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-152384

(43)公開日 平成10年(1998) 6月9日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
C 0 4 B 41/88		C 0 4 B 41/88	Q
37/02		37/02	C
H 0 1 L 23/15		H 0 5 K 1/03	6 1 0 E
H 0 5 K 1/03	6 1 0	3/00	R
3/00		3/38	D
審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平8-310982

(22)出願日 平成8年(1996)11月21日

(71)出願人 391039896

株式会社住友金属エレクトロデバイス  
山口県美祿市大嶺町東分字岩倉2701番1

(72)発明者 三野 勝司

山口県美祿市大嶺町東分字岩倉2701番1  
株式会社住友金属エレクトロデバイス内

(72)発明者 川畑 圭司

山口県美祿市大嶺町東分字岩倉2701番1  
株式会社住友金属エレクトロデバイス内

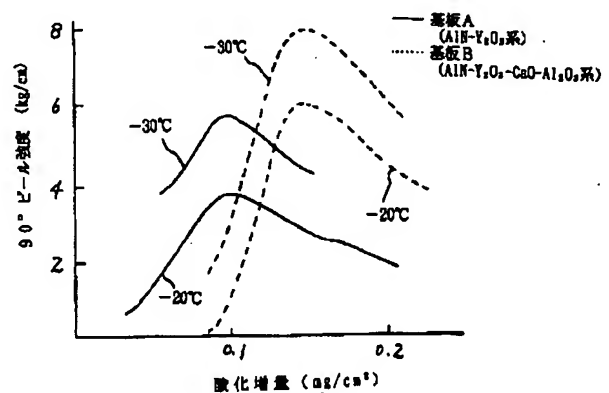
(74)代理人 弁理士 広瀬 章一

(54)【発明の名称】 銅張り窒化アルミニウム基板の製造方法

(57)【要約】

【課題】 窒化アルミニウム基板を酸化処理した後、銅板を基板に接触させ、銅の融点以下、Cu-Oの共晶温度以上の温度に加熱して銅板を基板に直接接合させるDBC法による銅張り窒化アルミニウム基板の製造において、酸化処理条件の最適化により接合強度の高い銅張り窒化アルミニウム基板を製造する。

【解決手段】 酸化処理を、露点が-30℃以下の酸素含有ガス雰囲気中で窒化アルミニウム基板を1100～1300℃の温度に加熱することにより行う。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 窒化アルミニウム基板を酸素含有ガス雰囲気中で1100～1300℃の温度に加熱して酸化処理してから、該基板に銅板を接触配置し、銅の融点以下、Cu-Oの共晶温度以上の温度に加熱して基板に銅板を接合させることからなる銅張り窒化アルミニウム基板の製造方法において、該酸化処理を露点が-25℃以下の酸素含有ガス雰囲気中で行うことを特徴とする、銅張り窒化アルミニウム基板の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、大電力用の半導体デバイスであるパワー半導体モジュール（以下、パワーモジュールという）などに使用されるセラミックス回路基板の製造に用いる銅張り窒化アルミニウム基板の製造方法に関する。より詳しくは、本発明は、DBC (direct bond copper) 法により窒化アルミニウム基板に銅板を直接接合する前に該基板の表面を酸化するための熱処理に特徴のある方法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】近年、モーターや無停電電源装置のコントロールに用いるインバータ等のパワーモジュールの大電力化、高性能化が進展し、基板からの発熱量も増加の一途をたどっている。そのため、発生する多量の熱を効率よく放散させるため、セラミックス基板の使用が増えている。また、セラミックス基板の材質も、従来のアルミナ基板から、熱伝導率の高い窒化アルミニウム基板の使用割合が多くなっている。

【0003】パワーモジュール用の窒化アルミニウム基板の回路形成方法としては、予めパンチングやエッチングにより回路形成された金属板（例、銅板）をセラミックス基板に接合する方法か、またはセラミックス基板に銅板を接合した後、得られた銅張り基板の銅板上に樹脂質のレジストを所望の回路パターン状に印刷し、レジストで被覆されていない不要部分（非回路部）の銅板をエッチングにより除去する方法が一般に行われている。

【0004】セラミックス基板と銅板との接合方法としては多くの方法が知られているが、メタライズ層を介することなく直接接合する方法として、活性金属ロウ付け法とDBC法とがあり、銅張り窒化アルミニウム基板も一般にこれらのいずれかの方法により製造されることが多い。

【0005】活性金属ロウ付け法は、活性金属（例、Ti、Zr、Hf等）を含むロウ材を介在させて真空中で加熱接合する方法である。この方法は、850℃前後の比較的低温で銅板を接合することができ、接合界面の残留応力が小さいという利点があるが、ロウ材ペーストの塗布工程や、非回路部の銅板をエッチングにより除去した後の非回路部に露出する不要ロウ材の除去工程といった、手間がかかる余分な工程が必要となり、工程数が増える。

その上、不要ロウ材の除去にフッ化物水溶液といった腐食性の強い液体を使用する必要があり、また加熱接合を真空中で実施するためバッチ炉しか使えないので、量産性に劣るという欠点もある。

【0006】DBC法は、酸素含有雰囲気中で加熱して表面を酸化させた窒化アルミニウム基板と銅板を、不活性ガス雰囲気中において、銅の融点以下、Cu-Oの共晶温度以上の温度（一般に1065℃以上、1083℃以下）に加熱して、両部材の界面に酸化第1銅（Cu<sub>2</sub>O）を生成させることにより基板に銅板を直接接合する方法である。この方法は、接合時の加熱温度は高くなるが、工程数が少ない上、酸化処理と加熱接合のいずれの加熱も連続式加熱炉で実施することができるので、量産性の面で極めて有利である。

**【0007】**

【発明が解決しようとする課題】DBC法による銅張り窒化アルミニウム基板の製造に関して、使用する銅板に100～2000 ppmの酸素を含む銅板を使用すること（特開昭59-3077号公報）、銅板接合時の加熱温度雰囲気や加熱温度を特定条件に制御すること（特開平4-29390号公報）などが提案されている。

【0008】しかし、銅板を接合する前の窒化アルミニウム基板の酸化処理の条件に関しては、これまで特に検討されておらず、従来は空気等の酸素含有雰囲気中において所定の量または厚みの酸化層が窒化アルミニウム基板の表面に形成されるまで基板を1100～1300℃の温度に加熱することで、この酸化処理を実施していた。

【0009】本発明の目的は、DBC法による銅張り窒化アルミニウム基板の製造において、銅板接合前の窒化アルミニウム基板の酸化処理の条件を最適化することにより、接合強度の高い銅張り窒化アルミニウム基板を製造することのできる方法を提供することである。

**【0010】**

【課題を解決するための手段】本発明者らは、DBC法における窒化アルミニウム基板の酸化処理の条件について検討した結果、この処理に用いる酸素含有ガス雰囲気中の露点が銅板接合後の接合強度に大きく影響し、酸素含有ガス雰囲気中の露点を-25℃以下と低くすると、接合強度の高い銅張り窒化アルミニウム基板が得られることを見出した。

【0011】本発明の要旨は、窒化アルミニウム基板を酸素含有ガス雰囲気中で1100～1300℃の温度に加熱して酸化処理してから、該基板に銅板を接触配置し、銅の融点以下、Cu-Oの共晶温度以上の温度に加熱して基板に銅板を接合させることからなる銅張り窒化アルミニウム基板の製造方法において、該酸化処理を露点が-25℃以下の酸素含有ガス雰囲気中で行うことを特徴とする、銅張り窒化アルミニウム基板の製造方法である。

【0012】本発明の方法により窒化アルミニウム基板と銅板の接合強度が著しく向上する理由は次のように推

測される。窒化アルミニウム基板の酸化処理を、露点が $-25^{\circ}\text{C}$ より高い酸素含有ガス雰囲気中で行うと、 $\text{AlN}$ が主に雰囲気中の水蒸気( $\text{H}_2\text{O}$ )により酸化されるのに対し、酸素含有ガス雰囲気の露点が $-25^{\circ}\text{C}$ 以下になると、雰囲気中の水蒸気量が少なくなり、 $\text{AlN}$ の表面が直接酸素( $\text{O}_2$ )によって酸化されるようになり、酸化処理で生成する基板表面の酸化層が緻密となる。その結果、銅板との接合時の密着性が良好となり、かつ接合時の界面におけるボイド率が大きく低下して、接合強度が著しく向上する。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】本発明の方法に用いるセラミック基板は、熱伝導率が高く、放熱特性がよいため、パワーモジュール用の基板として好適な窒化アルミニウム基板である。窒化アルミニウム基板の焼結方法は特に制限されない。例えば、窒化アルミニウム粉末を焼結助剤を用いずにホットプレス法により焼結した基板、酸化イットリウム、酸化セリウム等の希土類金属酸化物、酸化マグネシウム、酸化カルシウム等のアルカリ土類金属酸化物、および酸化アルミニウム等から選ばれた少なくとも1種の焼結助剤を窒化アルミニウム粉末に添加して成形した後、常圧焼成した基板のいずれでもよい。

【0014】焼結助剤として特に好ましいのは、酸化イットリウムとアルカリ土類金属酸化物と酸化アルミニウムとの混合物からなるものである。この焼結助剤を用いて焼結させた窒化アルミニウム基板に本発明の方法を適用すると、特に高い銅板との接合強度を得ることができる。窒化アルミニウム基板の厚みも特に制限されないが、通常は $0.1\sim 1.0\text{ mm}$ 、特に $0.3\sim 0.8\text{ mm}$ の範囲が好ましい。

【0015】本発明によれば、窒化アルミニウム基板をまず露点が $-25^{\circ}\text{C}$ 以下の酸素含有ガス雰囲気中で加熱することにより酸化処理して、表面に酸化層を形成する。加熱雰囲気構成する酸素含有ガスは、空気が最も簡便であるが、純酸素ガス、或いは酸素を不活性ガス(例、窒素、二酸化炭素、またはアルゴン等の希ガス)および/または空気で希釈したガスなども使用できる。ガス中の酸素濃度は20%以上とすることが好ましい。

【0016】酸素含有ガスの露点を $-25^{\circ}\text{C}$ 以下にするには、使用するガスを予め適当な手段(例、圧縮、乾燥剤による乾燥など)で乾燥すればよい。乾燥剤の例は合成ゼオライトである。酸化処理の雰囲気ガスの露点が $-30^{\circ}\text{C}$ 以下になると、本発明による接合強度の向上効果が一段と高くなる。ガスの露点が $-40^{\circ}\text{C}$ 以下になっても、良好な接合強度が確保されるが、露点をこのように低くするにはコストがかかる。従って、酸素含有ガスの好ましい露点範囲は $-40^{\circ}\text{C}\sim -30^{\circ}\text{C}$ である。

【0017】酸化処理の温度は、従来と同様に $1100\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 、好ましくは $1130\sim 1270^{\circ}\text{C}$ の範囲内である。温度が $1100^{\circ}\text{C}$ より低いと、酸化処理に時間がかかりすぎるか、

十分な厚みの酸化層を形成することができない。 $1300^{\circ}\text{C}$ より高温で酸化させると、酸化の制御が困難となり、所定の厚みまたは量の酸化層を形成することが難しくなる。

【0018】この酸化処理により、窒化アルミニウム基板の表面の $\text{AlN}$ が酸化されて、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ が表面に生成し、基板の重量が増加する。従って、酸化による基板の重量増加(酸化増量)が酸化層の厚み(または酸化量)の尺度となる。酸化処理した窒化アルミニウム基板にDBC法で銅板を接合する場合の接合強度は、この酸化増量に大きく依存することが判明した。

【0019】本発明の方法により基板と銅板との接合強度を向上させるには、一般に酸化増量が $0.05\sim 0.3\text{ mg/cm}^2$ (厚みでは約 $1\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ に相当)となるように酸化を制御することが好ましい。接合強度が最高になる酸化増量の最適値は、窒化アルミニウム基板の焼結助剤の有無やその種類に応じて異なるので、実験により酸化増量の最適値を求めることが好ましい。例えば、焼結助剤が酸化イットリウム( $\text{Y}_2\text{O}_3$ )である場合には、 $0.1\text{ mg/cm}^2$ 前後の酸化増量が最適であり、焼結助剤がさらに酸化カルシウム( $\text{CaO}$ )や酸化アルミニウム( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )を含有する場合には、 $0.15\text{ mg/cm}^2$ 前後のより多い酸化増量の時に接合強度が最高になる。従って、酸化処理の加熱時間は、所定の酸化増量が得られるように選択すればよいが、通常この時間は30分～3時間の範囲内である。

【0020】こうして露点が $-30^{\circ}\text{C}$ 以下の酸素含有ガス雰囲気中で酸化処理した窒化アルミニウム基板に銅板を接触配置し、銅の融点以下、 $\text{Cu-O}$ の共晶温度以上の温度に加熱して基板に銅板を接合させ、銅張り窒化アルミニウム基板を得る。この工程は、従来より公知の方法に従って実施すればよい。

【0021】銅板としては、無酸素銅板と微量(例、 $10\sim 1000\text{ ppm}$ )の酸素を含有する銅板のいずれも使用できるが、酸素を含有する銅板の方が好ましい。使用する銅板の厚みは特に制限されないが、通常は $0.2\sim 0.3\text{ mm}$ 程度である。

【0022】基板と銅板との接合に要する加熱温度は、銅の融点以下、 $\text{Cu-O}$ の共晶温度以上の温度であるが、この温度は一般に $1065^{\circ}\text{C}$ 以上、 $1083^{\circ}\text{C}$ 以下である。この温度に加熱することにより、基板表面に形成された酸化層中の酸素により銅板表面の銅が酸化されて、基板と銅板との界面に酸化第1銅の層が生成することにより、基板と銅板とが接合する。

【0023】加熱接合の雰囲気は、不活性ガス雰囲気(例、窒素、アルゴン、ヘリウム等の希ガス；二酸化炭素等の1種もしくは2種以上からなる雰囲気)とすることが好ましい。コストを考慮すると、窒素ガス雰囲気が有利である。特開平4-29390号公報に提案されているように、雰囲気中に少量(例、 $100\text{ ppm}$ 以下)の酸素を存在させてもよい。加熱時間は、十分な接合強度が得ら

れるように実験により設定すればよいが、通常は保持時間が10～20分程度である。

【0024】本発明の方法により製造された銅張り窒化アルミニウム基板から、レジストを用いて常法により回路を形成することができる。具体的には、スクリーン印刷等の手法でレジスト（例、紫外線硬化型または熱硬化型）を所定の回路パターンに印刷し、紫外線照射または加熱によりレジストを硬化させた後、レジストで被覆されていない部分の銅板をエッチングにより除去する。エッチング液としては、塩化第2鉄または塩化第2銅を主成分とする水溶液が一般に使用され、浸漬または噴霧によりエッチングが行われる。その後、残った回路部分の銅板の上に残留するレジストを除去する（例、水酸化ナトリウム等のアルカリ水溶液または有機溶剤）と、窒化アルミニウム製のセラミックス回路基板が得られる。

【0025】

【実施例】

（実施例1）焼結助剤として $Y_2O_3$ 、 $CaO$  および $Al_2O_3$  の混合物（混合重量比35：40：25）を窒化アルミニウム粉末100重量部に対して7～10重量部の割合で混合して成形および常圧焼結させた窒化アルミニウム基板（厚み0.8mm）を用いた。

【0026】この窒化アルミニウム基板を、露点の異なる空気中で、1100～1300℃の温度に酸化増量がほぼ0.15 mg/cm<sup>2</sup> になるまで加熱した。その後、酸化処理した基板の両面に酸素含有量が100～1000 ppmの銅板（厚み0.3mm）をセットし、窒素ガス雰囲気中で最高温度1070℃に10分間保持して、基板の両面に銅板を接合した。

【0027】得られた銅張り窒化アルミニウム基板の90°ピール強度（水平に固定した銅張り窒化アルミニウム基板から銅板を垂直上方に（基板に対して90°の角度で）引き上げて剥離するのに要する力：接合強度の尺度）を、ピール強度試験機により測定した。また、この銅張り基板の写真から、基板と銅板の界面のボイド率を求めた。これらの試験結果を、それぞれ図1(a)および(b)に示す。なお、この写真から、酸化処理時の空気露点が一30℃の場合には、露点が一20℃以上と高い場合に比べて、酸化層が緻密であることも確認された。

【0028】図1からわかるように、酸化処理時の露点が一25℃、特に一30℃以下になると、ピール強度、即ち、銅板と基板との接合強度が著しく向上し、界面でのボイド率が著しく低下した。これらの結果および前述し

た写真から、本発明による接合強度の向上は、酸化処理で生成した酸化層が緻密で、銅板との密着性がよく、Al-N-Cu界面のボイドが少ないためであると考えられる。

【0029】（実施例2）窒化アルミニウム粉末100重量部に焼結助剤として $Y_2O_3$  を3～5重量部混合して成形および常圧焼結させた窒化アルミニウム基板（これを基板Aとする）、および実施例1で用いた窒化アルミニウム基板（これを基板Bとする）の2種類の基板を用いた。

【0030】この2種類の基板を、露点が一20℃および一30℃の乾燥空気中で1100～1300℃の温度範囲内の各種温度に0.5時間加熱して酸化処理を行った。この酸化処理後の酸化増量を測定した後、実施例1と同様にして銅板のセットと加熱を行い、銅板を基板に接合させた。

【0031】得られた銅張り窒化アルミニウム基板のピール強度の測定結果を酸化増量との関係として図2に示す。図2からわかるように、酸化処理時の雰囲気ガスの露点が一30℃であると、露点が一20℃である場合に比べて、酸化増量に関係なく、接合強度が約2 kg/cm<sup>2</sup> も向上した。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、DBC法により銅板を窒化アルミニウム基板に直接接合する前の基板の酸化処理の条件の最適化（雰囲気ガスの露点の制御）という簡単な手段によって、銅板の接合強度を著しく向上させることができ、かつ基板と銅板との界面のボイドを著しく少なくすることができる。

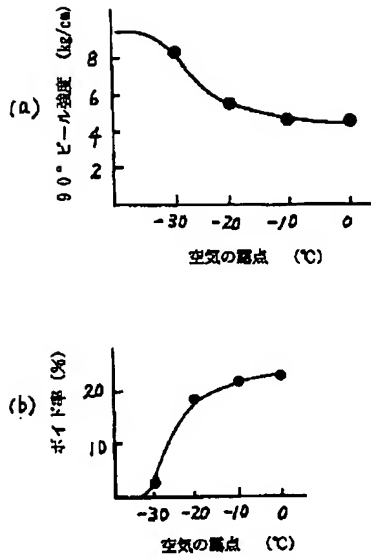
【0033】回路形成後に得られたセラミックス回路基板の上にIC等の電子部品を搭載した後、電子部品に力が加わった時に、基板と回路（銅板）の界面で剥離が起こって製品不良または動作不良となることがあるが、接合強度の向上によって、このような剥離を防止することができ、パッケージの信頼性や製品の歩留り率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

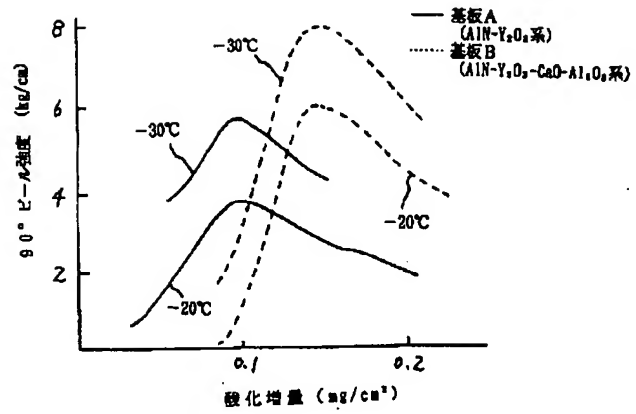
【図1】図1(a)は酸化処理雰囲気露点が一90°ピール強度に及ぼす影響を、図1(b)は該露点一90°が基板一銅板界面のボイド率に及ぼす影響を示す。

【図2】2種類の窒化アルミニウム基板A、Bについて、酸化処理雰囲気露点が一20℃および一30℃である場合の酸化増量と90°ピール強度との関係を示す。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

H05K 3/38

識別記号

FI

H01L 23/14

C